

EVALUACION Y ANALISIS DEL MANEJO DE LA DENSIDAD EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda* Lin., POR MEDIO DEL INDICE DE DENSIDAD DEL RODAL

D. CABRELLI; SILVIA REBOTTARO y C. REZZANO¹

Recibido: 17/05/93

Aceptado: 02/11/93

RESUMEN

Se evaluó la densidad de 68 rodales de *Pinus taeda* Lin. de distintas edades, creciendo en diferentes calidades de sitio, localizados en las principales zonas de producción de la Argentina. La información básica utilizada para el análisis, fue obtenida de los registros de rodales, publicados por diferentes autores.

La descripción de la densidad de las poblaciones estudiadas, se efectuó por medio del Índice de Densidad del Rodal (IDR) definido por Reineke (1933), y convertido al sistema métrico decimal por Daniel *et al.* (1978).

Las plantaciones jóvenes se presentaron subpobladas hasta un diámetro promedio del rodal de 14 cm. A partir de este estado de desarrollo, las poblaciones no raleadas fueron completamente pobladas o sobrepobladas, detectándose un aumento en el IDR cuando las mismas presentaron mayor número de individuos por hectárea.

En general, los raleos aplicados con un criterio empírico, resultaron imprecisos para conducir los rodales hacia los niveles de densidad que permitan optimizar la productividad. Sin embargo, el manejo resultó criterioso como para no disminuir la densidad a niveles de subpoblación.

La validación del método a través de la relación log-log entre el número de árboles por unidad de superficie, y el diámetro promedio del rodal, mostró para esta especie un valor de la pendiente igual a -1.573, semejante al del modelo general propuesto por Reineke (1933).

Palabras clave: *Pinus taeda*, Índice de densidad del Rodal, raleos, manejo de la densidad, ley de los $-3/2$.

EVALUATION AND ANALYSIS OF THE DENSITY IN STAND OF *Pinus taeda* Lin., THROUGH OF THE STAND-DENSITY INDEX

SUMMARY

The density of 68 stands of different ages of *Pinus taeda* Lin. were evaluated on different site in Argentina. The basic data were obtained from records reported in previous studies.

The stand density was expressed through Stand-Density Index (Reineke, 1933), and changed to metric decimal system (Daniel *et al.* 1978).

The young stands were understocked until a quadratic diameter of 14 cm. From this stage, the no-thinning population were full-stocking or over-stocking. The stand density index was increased when the stands had more tree/ha.

In general, the thinning carried out in empiric form were not enough as much as what the stands were placed to level of best productivity. In spite, the thinning not generate understocking stands.

The method was validated through of the relationship log number of tree to log quadratic diameter. It is shown a value for the slope of -1.573, similar to the general model of Reineke (1933).

Key words: *Pinus taeda*, Stand-Density Index, thinning, manipulation of the density, $-3/2$ power rule.

¹ Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Avda. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires

INTRODUCCION

Dentro de las coníferas, *Pinus taeda* Lin. representa la especie forestal más ampliamente utilizada en plantaciones comerciales en la Argentina. Su madera es utilizada fundamentalmente para abastecer las industrias celulósicas, si bien cierta proporción de la misma es destinada al aserrío.

Las razones más importantes que favorecieron su difusión fueron: su rápido crecimiento relativo y su alta plasticidad a una amplia gama de condiciones ambientales (Cozzo, 1976; Lombardi, 1982).

El rea de cultivo se halla localizada principalmente en la provincia de Misiones donde, junto con *Pinus elliottii* Engelm., cubre una superficie aproximada de 200.000 ha. En menor medida también se la encuentra cultivada en Corrientes (53.000 ha), Córdoba (30.000 ha), Entre Ríos (8000 ha) y Buenos Aires (5000 ha), (IFONA, 1986).

Las distancias de plantación mas comúnmente utilizadas en el cultivo son: 2 x 2 m, 2 x 2,50 m, 2,50 x 2,50 m, 2 x 3 m, 2,50 x 3 m y 3 x 3 m (Mutarelli, 1988). Estos arreglos iniciales implican el desarrollo de poblaciones que producen, en raleos tempranos, una elevada biomasa leñosa distribuida en árboles de diámetro pequeño.

La planificación de la densidad en el momento de la implantación y posteriormente mediante raleos sucesivos en los diferentes estadios de desarrollo, se realiza generalmente en forma empírica (Mutarelli, 1988). De esta manera, la aplicación de medidas de manejo sin una fundamentación teórica sólida, y la falta de estimación de los parámetros básicos que permitan su planificación racional, atentan contra la optimización de la productividad.

En el estudio de la densidad, el Índice de Densidad del Rodal (IDR) (Reineke, 1933), resulta una medida de gran utilidad ya que permite un análisis comparativo entre diferentes rodales independiente de la edad y de la calidad de sitio.

Los principios en que se halla fundamentado el IDR fueron estudiados posteriormente en poblaciones arbustivas y herbáceas, encontrándose que

los mismos son también válidos. Estos resultados permitieron así enunciar una regla universal denominada "ley de la potencia de $-3/2$ " (" $-3/2$ power rule") (Yoda *et al.* 1963).

El IDR resulta una herramienta útil cuando se desea efectuar un diagnóstico que permita evaluar, y analizar las consecuencias del manejo sobre la densidad de los rodales.

Un muestreo adecuado, en las principales áreas de producción del país, podría evidenciar las modalidades de manejo y sus consecuencias, permitiendo dar algunas recomendaciones silviculturales que harían más eficiente el sistema de producción.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar las consecuencias del manejo sobre la densidad (en términos de IDR), en plantaciones de *Pinus taeda* en las principales zonas de producción de la Argentina.

MATERIALES Y METODOS

1) Información básica

La información básica, utilizada para el análisis de la densidad, fue obtenida a partir de los registros publicados por varios autores, correspondientes a diferentes zonas del país. La mayor cantidad de datos provienen de un estudio realizado en la provincia de Misiones (Mutarelli, 1988).

Otras publicaciones consultadas para obtener información cuantitativa corresponden a Cozzo, 1965; Barrett, 1969; Riero y Niepaden, 1969; González, 1972; Carrara *et al.* 1978; Giménez, 1980; Kozarik y Deschamps, 1983; Picchi, 1983; De La Cruz, 1984; Arata, 1985; Mare, 1988; Sarubbi, 1988 y Cobelo, 1989.

Se obtuvo así información de plantaciones ubicadas en las provincias de Misiones, Entre Ríos, Córdoba, Buenos Aires, Jujuy y Tucumán.

Cada rodal fue identificado con un número y se lo caracterizó a través de su ubicación, edad, manejo recibido, diámetro promedio del rodal (DPR), número de árboles por hectárea (N), y rea basal (AB).

Los valores correspondientes al DPR y al número de árboles por ha, fueron los utilizados para la evaluación de la densidad.

2) Evaluación de la densidad

Para lograr una medida relativa de la densidad,

independiente de la edad y de la calidad de sitio, que permitiera evaluar y analizar la información registrada, se utilizó el Índice de Densidad del Rodal (IDR).

Este índice se fundamenta en la relación entre el diámetro promedio del rodal (DPR) y el número de árboles por unidad de superficie (N), definido a través de la siguiente ecuación (Reineke, 1933):

$$\log N = -1,605 \cdot \log DPR + k \quad (1)$$

donde:

N = número de árboles por acre.

DPR = diámetro promedio del rodal, en pulgadas.

(calculado a partir del área transversal promedio).

k = intercepto.

El valor del IDR, para cada rodal, se calculó a partir del número de árboles por hectárea y del diámetro promedio del rodal, expresado en centímetros, mediante la siguiente ecuación (Daniel *et al.* 1978):

$$IDR = 1,0147 \cdot (10)^{\log N + 1,605 \cdot \log DPR - 2,250} \quad (2)$$

donde:

IDR = Índice de densidad del rodal.

N = número de árboles por hectárea.

DPR = diámetro promedio del rodal en cm, (calculado a partir del rea transversal promedio).

El IDR expresa a la densidad como el número de árboles por hectárea, que tendría un rodal particular, para un valor de DPR de referencia igual a 25 cm.

Para el análisis de los valores de IDR, correspondientes a los rodales de *P. taeda* estudiados, se tomó como ecuación de máxima densidad aquella que presentaba el valor de IDR de 1125 (Reineke, 1933), y como ecuación de la densidad normal la de IDR de 750 (Stahelin, 1949).

El nivel de densidad que corresponde al límite entre poblaciones completamente pobladas y subpobladas, quedó definido como el 60% del valor normal (Gingrich, 1967). En consecuencia, para la especie en estudio el valor de IDR para dicho nivel fue de 450.

Los límites propuestos por estos autores ($450 < IDR \leq 750$) definen el intervalo de densidades de población completa, dentro del cual la productividad es máxima y constante (Langsaeter, 1941).

Los rodales analizados cubrieron un amplio gradiente de edades, calidades de sitio, estados de desarrollo (DPR) y densidades, abarcando así gran parte de las situaciones ambientales y poblacionales, que podrían presentar las plantaciones de la especie bajo estudio.

Con el fin de validar la metodología utilizada para

evaluar la densidad, se procedió a realizar un análisis de regresión lineal ajustando los datos a la siguiente ecuación:

$$\log N = a + b \cdot \log DPR \quad (3)$$

donde:

N = número de árboles por hectárea.

a = intercepto.

b = coeficiente de regresión.

DPR = diámetro promedio del rodal, en cm (calculado a partir del rea transversal promedio).

Los datos utilizados en el ajuste, fueron los correspondientes al conjunto de rodales en estado de población completa y sobrepoblada, o sea todos aquellos que presentaban un IDR mayor de 450.

El objetivo consistió en verificar el valor de la pendiente -1,605 de la ecuación (1), correspondiente a la relación establecida por la metodología utilizada.

Con base en el valor del intercepto y en la media aritmética del DPR, se calculó la magnitud del IDR que caracterizó a la ecuación encontrada.

El grado de ajuste a la ecuación (3), se evaluó por medio del coeficiente de determinación R^2 , el grado de significancia de los parámetros y la prueba t (Student) para el análisis de significancia de los residuos.

RESULTADOS

El conjunto de rodales evaluados fue agrupado por provincias (Cuadros N°s. 1, 2, 3, 4 y 5). En los mismos se presentan las variables de interés que los caracteriza, y los valores de densidad (IDR) calculados a partir de los datos básicos.

El número total de rodales fue de 68, de los cuales 29 correspondieron a la provincia de Misiones, 14 a Entre Ríos, 13 a Córdoba, 4 al Noroeste y 8 a Buenos Aires.

La Figura 1 muestra el estado de la densidad (IDR) de cada rodal, en función de su estado de desarrollo (DPR).

Para la presentación y el análisis de los resultados se definieron seis condiciones, producto de la combinación de diferentes gradientes de densidad (IDR) y de estados de desarrollo (DPR) de los rodales. Dichas condiciones, y los rodales incluidos en las mismas, se presentan en el Cuadro N° 6 y en la Figura 1.

Cuadro N°1. Caracterización de rodales de *P. taeda*, y valores del Índice de Densidad del Rodal (IDR) para la provincia de Misiones.

R	Sitio	Edad	Ma- nejo	D	N°	AB	Fuente	IDR	R	Sitio	Edad	Ma- nejo	D	N°	AB	Fuente	IDR
1	Puerto Libertad	4	s.r.	8,65	1111	6,53	Kozarik 1983	202	17	Dto. Iguazú	10	s.r.	17,30	1420	33,38	González 1972	786
2	Alpasa-Uruguai	5	s.r.	8,92	1828	11,42	Mutarelli 1988	350	18	Dto. Iguazú	10	c.r.	24,80	486	23,48	González 1972	483
3	Mate-Larangeira	5	s.r.	12,55	1675	20,72	Mutarelli 1988	554	19	Mate-Larangeira	11	c.r.	22,34	946	37,08	Mutarelli 1988	790
4	Co. Azul	5	s.r.	14,40	1111	18,09	Barrett 1969	458	20	Mate-Larangeira	11	c.r.	19,21	937	27,16	Mutarelli 1988	614
5	Ba Vista	5	s.r.	12,40	1111	13,42	Barrett 1969	361	21	Kamada-Jdin. América	12	c.r.	18,72	1184	32,59	Mutarelli 1988	744
6	Celulosa San Pedro	6	s.r.	11,96	2193	24,64	Mutarelli 1988	672	22	Alpasa-Pto. Libertad	13	c.r.	21,46	981	35,48	Mutarelli 1988	768
7	Stevenson Candelaria	8	s.r.	12,85	2343	30,39	Mutarelli 1988	806	23	Mate-Larangeira	13	c.r.	23,59	920	40,21	Mutarelli 1988	838
8	El Pñir. Posadas	8	s.r.	13,81	1873	28,06	Mutarelli 1988	723	24	INTA Misiones	13	c.r.	20,50	1043	34,43	Fahler 1989	759
9	Celulosa San Pedro	9	s.r.	17,54	1581	38,20	Mutarelli 1988	895	25	INTA Misiones	13	c.r.	25,30	582	29,26	Fahler 1989	593
10	Delicia El Dorado	9	s/i	15,30	1750	32,17	Arata 1985	796	26	Mate-Larangeira	16	c.r.	26,37	641	35,01	Mutarelli 1988	698
11	Delicia-El Dorado	9	s/i	14,39	1708	27,78	Arata 1985	704	27	Mate-Larangeira	16	c.r.	28,52	616	39,35	Mutarelli 1988	761
12	Delicia-El Dorado	9	s/i	17,21	1896	44,11	Arata 1985	1041	28	S. Anio Belgrano	20	c.r.	30,25	401	28,82	Mutarelli 1988	544
13	Delicia-El Dorado	9	s/i	16,93	2049	46,13	Arata 1985	1096	29	San Ignacio	s/i	s/i	22,97	794	32,90	Gimenez 1980	693
14	Mate-Larangeira	10	c.r.	22,63	765	30,77	Mutarelli 1988	652	Los siguientes símbolos son válidos para los Cuadros N° 1, 2, 3, 4 y 5.:								
15	Mate-Larangeira	10	c.r.	20,96	925	31,92	Mutarelli 1988	697	* Rodal proveniente de regeneración natural.								
16	Mate-Larangeira	10	c.r.	22,15	847	32,64	Mutarelli 1988	697	s.r. = sin raleo c.r. = con raleo								
									s/i = sin información.								
									D = diámetro promedio del rodal, en cm.								
									N° = número de árboles/ha								
									AB = Área basal, en m²/ha								
									IDR = Índice de Densidad del Rodal, calculados a partir de los datos de las respectivas fuentes								

Cuadro N°2. Caracterización de rodales de *P. taeda*, y valores del Índice de Densidad del Rodal (IDR), para la provincia de Entre Ríos.

R	Sitio	Edad	Ma- nejo	D	N°	AB	Fuente	IDR
30	Concordia	5	s.r.	7,90	1100	5,40	Cozzo 1965	173
31	Concordia	5	s.r.	12,30	1089	12,93	Barrett, 1969	349
32	Ivaté	8	s.r.	14,08	2403	37,43	Mutarelli 1978	956
33	Aquaroni Concordia	10	s.r.*	12,00	3292	37,23	Cobelo 1989	1014
34	Aquaroni Concordia	10	c.r.*	11,88	3125	34,64	Cobelo 1989	947
35	Concordia	13	s/i	19,21	1600	46,40	Cozzo 1965	1048
36	Ivaté-Salto Grande	14	s.r.	21,37	1169	41,92	Mutarelli 1978	909
37	Ivaté-Salto Grande	14	s.r.	21,14	1190	41,79	Mutarelli 1978	909
38	Ivaté	18	c.r.	26,15	840	45,12	Mutarelli 1978	903
39	Salto Grande	18	c.r.	25,16	844	41,96	Mutarelli 1978	853
40	Yuqueri-Ivaté	19	c.r.	27,96	592	36,36	Mutarelli 1978	708
41	Concordia	20	c.r.	31,31	555	42,73	De La Cruz 1984	797
42	Serra-Concordia	s/i	c.r.	28,91	828	54,35	Cobelo 1989	1046
43	Serra-Concordia	s/i	s.r.	32,73	638	53,68	Cobelo 1989	983

En condiciones de subpoblación ($IDR \leq 450$), se encontraron 10 rodales con un DPR máximo aproximado de 14 cm (condición A). En todos los casos se trató de plantaciones jóvenes con edades

entre 4 y 8 años, sin ningún manejo de la densidad (sólo un rodal sin información), y que presentaban en promedio 1201 árboles por ha.

La condición B quedó definida por valores de IDR entre 450 y 750, es decir situaciones de plantaciones completamente pobladas. En este estado se encontraron 11 rodales, de los cuales 5 presentaron registros de no haber sido raleados, y 6 no tuvieron información al respecto. El límite de diámetro máximo para esta situación se definió en 18 cm, debido a que este valor dividió, aproximadamente, a los rodales sin raleo de aquellos con raleo. En este caso el promedio del número de individuos por ha fue de 1502, algo mayor que el observado en la condición A.

La condición C comprendió a los rodales con valores de IDR entre 750 y 1125, equivalente al gradiente de densidades en el cual las plantaciones se hallan sobrepobladas. El límite máximo de DPR para esta condición fue de 20 cm, teniendo en cuenta, al igual que en B, la división general entre rodales raleados y no raleados.

En esta condición fueron encontrados 12 rodales de los cuales 5 no presentaron raleo, 6 no tuvieron información y uno sufrió un raleo de baja intensidad (rodal 34).

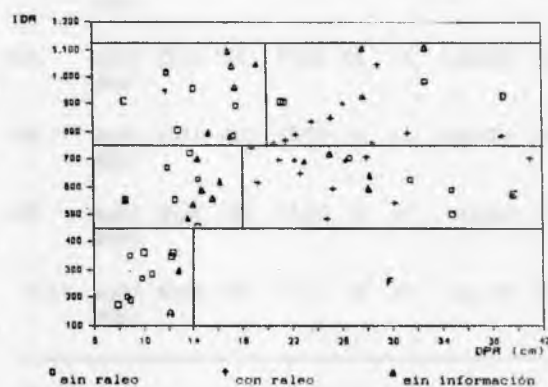


Figura 1: Relación entre el Índice de Densidad del Rodal (IDR) y el Diámetro Promedio del Rodal (DPR), para 68 rodales de *P. taeda* de diferentes edades y sonas de Argentina. Los sectores A, B y C corresponden a rodales no raleados, los D y E mostraron en general rodales raleados.

Cuadro N°3. Caracterización de rodales de *P. taeda*, y valores del Índice de Densidad del Rodal (IDR), para la provincia de Córdoba.

R	Sitio	Edad Ma- nejo	D	N°	AB	Fuente	IDR
44	Is Verde R. Saucés	8	s/i	12,83	867 11,21	Mare 1988	297
45	Is Verde R. Saucés	8	s/i	13,61	1287 18,72	Mare 1988	485
46	Is Verde R. Saucés	8	s/i	14,00	1360 20,94	Mare 1988	536
47	Is Verde R. Saucés	8	s/i	14,78	1367 23,45	Mare 1988	588
48	Va de Calamuchita	11	s/i	16,22	1232 25,46	Carrara 1978	615
49	Va de Calamuchita	11	s/i	15,52	1200 22,70	Carrara 1978	558
50	Va de Calamuchita	12	s/i	17,03	1450 33,03	Carrara 1978	783
51	Intiyaco	22	s/i	27,70	938 56,53	Mare 1978	1106
52	Intiyaco	22	s/i	25,03	720 35,43	Mare 1988	721
53	Intiyaco	23	s/i	28,27	527 33,08	Mare 1988	642
54	Intiyaco	23	s/i	27,77	783 47,42	Mare 1988	927
55	Intiyaco	24	s/i	28,14	493 30,66	Mare 1988	596
56	Intiyaco	24	s/i	32,73	720 60,58	Mare 1988	1110

Los rodales 33 y 34, se habían iniciado a partir de regeneración natural, presentando un número actual de plantas de 3292/ha y 3125/ha, respectivamente. Estos valores superaron notablemente la media del grupo C, la cual fue de 2051 árboles por ha.

En la condición D, definida por valores de IDR

Cuadro N°4. Caracterización de rodales de *P. taeda*, y valores del Índice de Densidad del Rodal (IDR), en el Noroeste Argentino.

R	Sitio	Edad Ma- nejo	D	N°	AB	Fuente	IDR
57	El Cnar. Tucumán	6	s.r.	10,00	1573 12,35	Riero 1969	361
58	San Pablo Jujuy	7	s.r.	9,88	1200 9,20	Pichi 1983	270
59	Reyes Jujuy	8	s.r.	14,45	1516 24,86	Pichi 1983	629
60	Fronter. Tucumán	11	s/i	17,48	1708 41,00	Del Castillo 1987	962

entre 750 y 1125, y valores de DPR mayor de 20 cm, fueron registrados 16 rodales, 10 de ellos con raleo, 3 sin raleo y 3 sin información.

Para la condición E con valores de IDR entre 450 y 750 y valores de DPR mayores de 18 cm, se

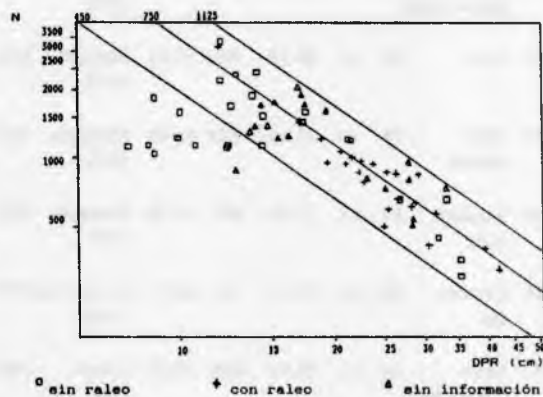


Figura 2: Relación entre el Número de árboles por hectárea (N) y el Diámetro Promedio del Rodal (DPR), en escala logarítmica, para 68 rodales de *P. taeda*, de diferentes edades y zonas de la Argentina. Las líneas oblicuas corresponden a los valores de IDR de 1125, 750 y 450, las cuales definen los límites máximos de sobrepoblación, población completa y subpoblación, respectivamente.

Cuadro N°5. Caracterización de rodales de *P. taeda*, y valores del Índice de Densidad del Rodal (IDR), para la provincia de Buenos Aires.

R	Sitio	Edad	Ma- nejo	D	Nº	AB	Fuente	IDR
61	Atucha.	5	s.r.	8,89	1022	6,34	Barret 1969	191
62	Castelar	5	s.r.	10,70	1111	10,00	Barrett 1969	285
63	25 de Mayo	18	s.r.	26,61	638	35,48	De La Cruz, 1984	705
64	25 de Mayo	18	s.r.	31,51	434	33,84	De La Cruz, 1984	629
65	25 de Mayo	18	s.r.	34,77	348	33,04	De La Cruz, 1984	591
66	25 de Mayo	18	s.r.	34,83	295	28,10	De La Cruz, 1984	502
67	Solis	26	c.r.	38,84	388	45,97	Cobelo 1989	787
68	Solis	26	c.r.	41,16	316	42,04	Cobelo 1989	704

encontraron 19 rodales, 11 de los cuales habían sido raleados, 4 eran sin raleo y 4 sin información. Los cuatro rodales sin raleo (63, 64, 65 y 66), provenían de plantaciones con un bajo número inicial de individuos, que osciló entre 270 y 620 árboles por ha.

Finalmente, para condiciones de subpoblación ($IDR \leq 450$) y con valores de DPR mayor de 14 cm, no fueron registrados rodales.

La Figura 2 complementa la presentación del estado de las plantaciones mostrando en un gráfico log-log el número de árboles por ha en función del DPR. En la misma se puede observar que ninguno de los rodales analizados presentó un valor de IDR por encima del límite máximo (1125).

Como producto del análisis de regresión, proveniente del ajuste de los datos ($n = 58$) a la

ecuación (3), se obtuvieron los siguientes valores de los parámetros:

$$a = 5,07$$

$$b = -1,573$$

resultando ambos altamente significativos ($Prob > t = 0.0001$).

El valor del coeficiente de determinación R^2 fue de 0,84, presentando un C.V. = 3,35 %. Como resultado del análisis de los residuos se obtuvo que la media no fue significativamente diferente de cero ($Prob > t = 1,00$).

El IDR calculado a partir del valor del intercepto encontrado (5,07) y de la media aritmética del DPR (22,18 cm), fue de 740.

DISCUSION

Los valores de IDR que definían una situación de subpoblación ($IDR \leq 450$), y en los cuales se produce una ocupación ineficiente de la superficie y una baja productividad, se presentaron en rodales de poco desarrollo (hasta 14 cm de DPR aproximadamente). En general, correspondieron a plantaciones jóvenes, en sitios sin limitaciones graves para la sobrevivencia.

Por otro lado, los rodales de mayor desarrollo ($DPR > 14$ cm), y sin intervención, superaron esta condición de densidad crítica ($IDR > 450$), ocupando totalmente el sitio. De igual manera, en los rodales intervenidos los regímenes de raleo aplicados en ningún caso mantuvieron a la plantaciones en estado de subpoblación (Cuadro 6 y Figura 1, condición F).

De lo anterior, se puede concluir que los raleos aplicados a las plantaciones, planificados en general sobre una base empírica, son lo suficientemente criteriosos como para no conducir a los rodales a niveles de subpoblación.

Los rodales no raleados con valores de DPR > 14 cm, se encontraron en condiciones de población completa ($450 \leq IDR < 750$), o de sobrepoblación

Cuadro N°6. Identificación y manejo de los rodales agrupados de acuerdo a sus condiciones de densidad (IDR) y estado de desarrollo (DPR).

Cond.	A		B		C		D		E		F	
IDR	≤ 450		451-750		751-1125		751-1125		451-750		≤ 450	
DPR	≤ 14		≤ 18		≤ 20		< 20		> 18		> 14	
	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M
1	sr		3	sr	7	sr	19	cr	14	cr	Sin Rodales	
2	sr		4	sr	9	sr	22	cr	15	cr		
5	sr		6	sr	10	si	23	cr	16	cr		
30	sr		8	sr	12	si	24	cr	18	cr		
31	sr		11	si	13	si	27	cr	20	cr		
44	si		45	si	17	sr	36	sr	21	cr		
57	sr		46	si	32	sr	37	sr	25	cr		
58	sr		47	si	33	sr	38	cr	26	cr		
61	sr		48	si	34	cr	39	cr	28	cr		
62	sr		49	si	35	si	41	cr	29	si		
			59	sr	50	si	42	cr	40	cr		
					60	si	43	sr	52	si		
							51	si	53	si		
							54	si	55	si		
							56	si	63	sr		
							67	cr	64	sr		
									65	sr		
									66	sr		
									68	cr		

IDR = Índice de Densidad del Rodal; DPR = Diámetro Promedio del Rodal (cm); R = Rodal M = Manejo;
r = sin raleo cr = con raleo; si = sin información

(IDR > 750), con límites de desarrollo de 18 y 20 cm de DPR, respectivamente. Si bien estas condiciones (B y C), presentaron algunos rodales sin información sobre el manejo, la comparación entre el número de individuos por ha actual e inicial, permitió considerar a dichos rodales como plantaciones no intervenidas.

De esta manera, se podría inferir que los rodales no raleados, iniciados a las distancias de plantación comercialmente utilizadas, y con un porcentaje normal de pérdida, evolucionaron alcanzando gradualmente niveles de población completa y posteriormente de sobrepoblación.

Atendiendo a esto último, debería considerar-

se desde el punto de vista de la competencia, que las forestaciones de *P. taeda* iniciadas con las distancias de plantación utilizadas comercialmente, representan poblaciones de alta densidad. La consecuencia de esto último es que en la última etapa de desarrollo, antes que se produzca el autorraleo, las plantaciones transcurren en niveles de densidad de sobrepoblación, presentando una gran biomasa pero con baja capacidad de crecimiento (condición C).

Aunque no fue posible saber si, en el momento del registro, las poblaciones no raleadas se encontraban en situación de autorraleo, se podría generalizar que los rodales con mayor número de indi-

viduos presentaron los valores de IDR más altos. Esto último reforzaría la idea que las plantaciones con mayor número de plantas al inicio, entrarían en competencia en niveles de densidad mas elevado (mayores valores de IDR)

En este sentido, un nivel de referencia lo constituirían los rodales 33 y 34 (Cuadros N°2 y 6), los cuales se habían originado a partir de regeneración natural, iniciando su desarrollo con un número de plantas muy superior al de las plantaciones comerciales. Esos rodales alcanzaron valores de IDR cercanos al límite máximo para la especie, presentando valores de DPR en los cuales las plantaciones convencionales se hallaban en estado de subpoblación ($IDR \leq 450$).

Los rodales raleados presentaron niveles de densidad de población completa y de sobrepoblación (condición E y D respectivamente), lo cual indicó que en ciertas circunstancias, el régimen de raleos aplicados no conduce a las plantaciones a niveles óptimos de crecimiento.

De lo anterior podría concluirse que la intensidad, el número o el momento de aplicación de los raleos, se efectúa en muchos casos en forma ineficiente, manteniendo las poblaciones en estado de sobrepoblación, y por lo tanto de baja productividad. La información registrada no permitió en ningún caso emitir un juicio sobre la efectividad del raleo en la reducción del Índice de Área Foliar (IAF), y su consecuencia sobre el aumento del Incremento Corriente Anual (ICA).

La existencia de rodales no raleados (36,37 y 43) en la condición D, indicaría que las poblaciones maduras abandonadas podrían estar sobrepobladas, si se iniciaron con un número de individuos por ha cercano a los usados comercialmente.

No obstante, un gran número de rodales raleados se encontraban en condiciones de población completa, es decir desarrollándose en el intervalo de densidades donde el crecimiento es constante y máximo (Langsaeter, 1941).

Esto último indicaría que en muchos casos el manejo empírico de los rodales, por medio de raleos, fue lo suficientemente satisfactorio como para conducir las plantaciones a niveles de máxima productividad volumétrica.

Sin embargo, la información disponible no permitió evaluar la eficiencia de los raleos, en aquellos casos donde el objetivo de producción requería maximizar el incremento diamétrico, en detrimento del volumen total. Es decir, rodales con bajos niveles de densidad, dentro del intervalo de óptimo crecimiento ($450 \leq IDR < 750$).

Los rodales no raleados, con un número inicial de plantas muy inferior al utilizado comercialmente (rodales 63, 64, 65 y 66), se encontraron dentro del gradiente de óptimo crecimiento, con un avanzado grado de desarrollo. No obstante, estas poblaciones resultarían subpobladas e improductivas en las primeras etapas de desarrollo durante un largo período.

Cabe agregar que, ninguno de los rodales analizados en el presente trabajo superó el IDR máximo de 1125, lo cual constituye una confirmación del límite propuesto para esta especie (Reineke, 1933).

Con respecto a la validación de la metodología utilizada, el resultado del análisis de regresión mostró un valor de la pendiente similar a la del modelo propuesto. Esto permitiría inferir que la expresión de la densidad, en términos de IDR, resultaría una herramienta confiable para ser utilizada en esta especie.

El valor de IDR que caracterizó a la ecuación ajustada, resultó muy semejante al límite propuesto por Stahelin (1949), lo cual representa una confirmación del nivel de densidad normal definido para la especie.

CONCLUSIONES

Las plantaciones comerciales jóvenes, presentaron condiciones de subpoblación hasta un grado de desarrollo de 14 cm de DPR, aproximadamente.

Las plantaciones comerciales no raleadas, evolucionaron en primera instancia hacia condiciones de población completa, y posteriormente de sobrepoblación. Desde este punto de vista, estos rodales deberían considerarse de alta densidad.

Las plantaciones no raleadas, que presentaron

un número inicial de plantas inferior a los usados comercialmente, evolucionaron hacia niveles de densidad de población completa.

En general, los rodales no raleados tuvieron mayor nivel de densidad cuando presentaron mayor número de plantas.

El manejo de los rodales, basado en regímenes de raleo aplicados con metodologías desarrolladas empíricamente, no resultaron confiables para definir los niveles de densidad adecuados para los diferentes objetivos de producción.

Los sistemas de manejo, aplicados conven-

cionalmente, fueron suficientemente criteriosos como para evitar que los rodales alcancen niveles de subpoblación.

Ninguno de los rodales evaluados en el presente estudio, sobrepasó el valor de IDR máximo propuesto para la especie.

El IDR resultó una herramienta confiable como expresión de la densidad, independientemente de la edad y calidad de sitio, para *P. taeda*.

El análisis de la información confirmó el nivel de densidad normal definido para esta especie.

BIBLIOGRAFIA

- ARATA, G. 1985. Análisis del crecimiento de *Pinus taeda* en la zona de Delicia, El Dorado, Misiones, y su relación con características del suelo. *Trabajo de Intensificación*, Facultad de Agronomía, UBA.
- BARRETT, W. 1969. Adaptación de algunas especies de pinos a las características del NEA. *IDIA - Suplemento Forestal* N° 5.
- CARRARA de HUBER, M.; STROESSNER de FERNANDEZ, M y BARAÑAO, J. 1978. Estudio comparativo del crecimiento de cuatro especies del género *Pinus* en el Valle de Calamuchita, Córdoba. *Actas del III Congreso Forestal Argentino*.
- COBELO, C. 1989. Evaluación de la densidad en términos de IDR en que se manejan las plantaciones de *Pinus taeda* en algunas zonas de la Argentina. *Trabajo de Intensificación*, Facultad de Agronomía, UBA.
- COZZO, D. 1965. Resultados dasométricos de la forestación de eucaliptos y pinos en Concordia. *Revista Forestal Argentina* (9) 3.
- COZZO, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Ed. Hemisferio Sur. 610 p.
- DANIEL, T.W.; MEYN, R.L. and MOORE, R.R. 1979. Reineke's stand density index in tabular form in English and metric units with its application, *Utah Agric. Exp. Sta. Res. Paper* 37.
- de LA CRUZ, S. 1984. Crecimiento de *Pinus taeda* en 25 de Mayo y su relación con las características del suelo. *Trabajo de Intensificación*, Facultad de Agronomía, UBA.
- DEL CASTILLO E.M.; de DEL CASTILLO, A.Z.; GIL, M.N.; ORTIN, A. y CHAFATINO, T. 1987. Determinación del crecimiento de *Pinus taeda* y *Pinus patula*. *Símpoio sobre silvicultura y mejoramiento genético de especies forestales*. CIEF.
- FHALER, J.C. 1989. Estado actual de la tecnología y manejo de la forestaciones en el NEA. *IV Jornadas Forestales de Entre Ríos*.
- GIMENEZ, W. 1980. Comparación del crecimiento y desarrollo del *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en suelo latosol profundo, en San Ignacio, Misiones. *Trabajo de Intensificación*. Facultad de Agronomía, UBA.
- GONZALEZ, R. 1972. Crecimiento de *Pinus taeda* en Misiones. Influencia de la calidad de semilla en la producción maderera. *Actas 7° Congreso Forestal Mundial*. Tomo II.
- GINGRICH, S.F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forest in the Central States. *For. Science* 13: 38-53.
- IFONA (Instituto Forestal Nacional). 1986. Anuario de Estadística Forestal.

- KOZARIK, J.C. y DESCHAMPS, J.R. 1983. Cuatro años de crecimiento de *Pinus* spp en Pto. Libertad, Misiones. *Actas del V Congreso Forestal Argentino*. Tomo II.
- LANGSAETER, A. 1941. Om tynning i enaldret gran-og furuskog (About thinning in even-aged stand of spruce, fir and pine), *Meddel.f.d. Norske Skogforsoksvesen*, 8: 131-216.
- LOMBARDI, C. 1982. Indices de crecimiento de especies en la provincia de Corrientes. *Asoc. For. Arg.*, Bol. XXVI, 19.
- MARE, M. 1988. Observación del crecimiento de *Pinus taeda* en el Valle de Calamuchita, Córdoba, y su relación con las características del suelo y la altura. *Trabajo de Intensificación*, Facultad de Agronomía, UBA.
- MUTARELLI, E. 1978. Análisis dasométrico en plantaciones forestales de Concordia. *IFONA - Folleto Técnico* N° 59.
- MUTARELLI, E. 1988. Evolución dasométrica de las plantaciones forestales de Misiones. *IFONA - Folleto Técnico* N° 62.
- PICCHI, C.G. 1983. Crecimiento de *Pinus patula* y *Pinus taeda* en relación a los suelos de Reyes y San Pablo, Jujuy. *Actas del V Congreso Forestal Argentino*, Tomo I.
- REINEKE, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *J. Agric. Res.* 46: 627-638.
- RIERO, R. y NIEPADEN, C. 1969. Resultados dendrométricos en especies de coníferas en Tucumán. *Actas del I Congreso Forestal Argentino*.
- SARUBBI, C. 1988. Estudio del crecimiento de *Pinus taeda* en 25 de Mayo y su interrelación con características edafoclimáticas del lugar. *Trabajo de Intensificación*, Facultad de Agronomía, UBA.
- STAHELIN, R. 1949. Thinning even-aged loblolly and slash pine stands to specific densities. *J. For.* 47: 538-549.
- YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA, H. and HOSUMI, K. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions (Intraspecific competition among higher plants XI). *J. of Institute of Polytechnics*, Osaka City University, *Series D* 14: 107-129.